

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :

2 851 330

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national :

03 01722

(51) Int Cl<sup>7</sup> : F 25 J 3/04, C 01 B 13/02, 21/02, 23/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 13.02.03.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 20.08.04 Bulletin 04/34.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Se reporter à la fin du  
présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME  
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉ-  
DÉS GEORGES CLAUDE — FR.

(72) Inventeur(s) : JAOUANI LASAD, HA BAO, BALOG  
OVIDIU, GRENIER MAURICE et PONTONE XAVIER.

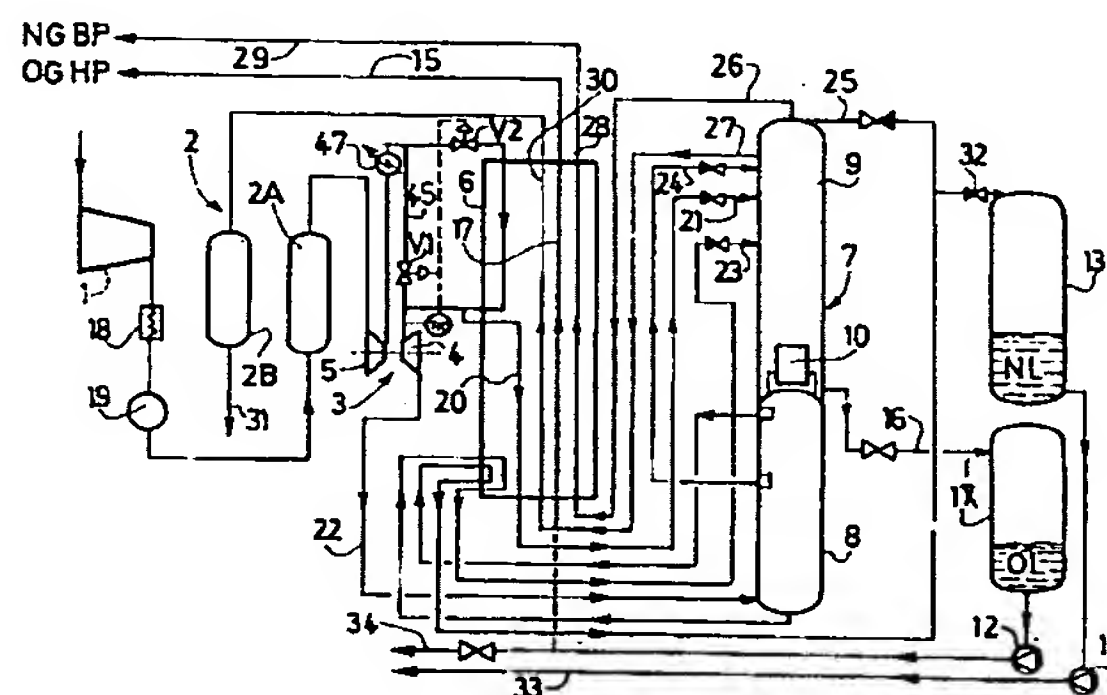
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) :

(54) PROCÉDÉ ET INSTALLATION DE PRODUCTION SOUS FORME GAZEUSE ET SOUS HAUTE PRESSION D'AIR  
MOINS UN FLUIDE CHOISI PARMI L'OXYGÈNE, L'ARGON ET L'AZOTE PAR DISTILLATION CRYOGENIQUE  
DE L'AIR.

(57) Dans un procédé de production d'un gaz haute pres-  
sion dans un appareil de séparation d'air, on comprime tout  
l'air destiné à la distillation dans un compresseur (1), on  
épure l'air comprimé, on surpresse au moins une première  
partie de l'air jusqu'à une pression élevée, on envoie l'air  
comprimé et épuré dans une ligne d'échange thermique (6)  
de l'appareil où il se refroidit, on sépare l'air comprimé, épuré  
et refroidi dans un système de colonnes de l'appareil  
comportant au moins une colonne de distillation (8, 9), on  
soutire un fluide (16) à l'état liquide d'une colonne du systè-  
me de colonnes, on amène ledit fluide à l'état liquide à la  
haute pression, on le vaporise par échange de chaleur avec  
de l'air et on réchauffe le liquide vaporisé sous cette haute  
pression dans la ligne d'échange thermique de l'installation,  
on détend au moins une partie de l'air surpressé dans une  
turbine de détente (4) depuis la pression élevée à une  
deuxième pression, l'air détendu étant ensuite envoyé à une  
colonne du système de colonnes et pendant le début de la  
mise en fonctionnement de l'appareil de séparation d'air et/  
ou afin de réguler la température d'entrée de la turbine et/ou  
pendant un changement de marche, de l'air surpressé à la  
pression élevée est envoyé en amont de la turbine de dé-

tente sans passer par la ligne d'échange.



FR 2 851 330 - A1



La présente invention est relative à un procédé de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote, dans lequel on distille de l'air, on amène ledit fluide à l'état liquide à la haute pression, on le vaporise et on le réchauffe sous cette haute pression dans la ligne d'échange thermique de l'installation.

Dans le présent mémoire, on entend par « haute pression » une pression supérieure à environ 10 bars pour l'oxygène, l'argon et l'azote, et par « soufflante » un compresseur ayant un seul étage de compression. De plus, les pressions dont il est question sont des pressions absolues.

Dans le cas où l'on produirait de l'oxygène, ces procédés, dits « à pompe », présentent l'avantage de supprimer le compresseur d'oxygène, qui est une machine coûteuse, posant de sérieux problèmes de fiabilité et ayant des coûts de maintenance élevés.

EP-A-0504029 décrit un procédé dans lequel tout l'air est comprimé à une pression élevée dans une soufflante, une partie de l'air à pression élevée est détendue dans une turbine Claude (à savoir, une turbine Claude qui débouche dans la colonne moyenne pression) et le reste de l'air échange de la chaleur avec de l'oxygène liquide en cours de vaporisation dans la ligne d'échange.

Dans ce genre d'appareil, il est souhaitable d'avoir un moyen d'éviter que l'entrée de la turbine devienne trop froide, par exemple en cas de changement de marche.

FR-A-2688052 décrit un procédé dans lequel :

- à une température intermédiaire voisine de la température de vaporisation dudit fluide, ou de sa température de pseudo-vaporisation si la haute pression est supercritique, on sort de la ligne d'échange thermique de l'air en cours de refroidissement dans cette dernière ;
- on comprime cet air dans une soufflante ;
- on le réintroduit dans la ligne d'échange thermique et on effectue au moins une détente d'un gaz de cycle dans une turbine.

EP-A-0644388 décrit un procédé dans lequel une partie de l'air est comprimée à la moyenne pression et envoyée dans la colonne moyenne pression d'une double colonne alors que le reste de l'air est surpressé à température ambiante. Une partie de l'air surpressé est comprimée ensuite dans un surpresseur froid.

Pendant le démarrage des appareils selon EP-A-0644388 et FR-A-2688052, l'air sorti de la ligne d'échange thermique se trouve à l'entrée de la soufflante à la température ambiante du fait qu'il y a très peu de gaz froids qui se réchauffent dans la ligne d'échange. Suite à la compression, il se retrouve à une température qui peut aller jusqu'à 120°C, comparé à la température d'environ -120°C quand l'appareil est en fonctionnement stable. Ceci peut endommager la ligne d'échange qui n'est pas conçue pour supporter des températures aussi élevées.

Un but de l'invention est de permettre un démarrage rapide de l'appareil sans risque de dommage à la ligne d'échange.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote dans un appareil de séparation d'air, dans lequel on comprime tout l'air destiné à la distillation dans un compresseur, on épure l'air comprimé, on surpresse au moins une première partie de l'air jusqu'à une pression élevée, on envoie l'air comprimé et épuré dans une ligne d'échange thermique de l'installation où il se refroidit, on sépare l'air comprimé, épuré et refroidi dans un système de colonnes de l'installation comprenant au moins une colonne de distillation, on soutire un fluide à l'état liquide d'une colonne du système de colonnes, on amène ledit fluide à l'état liquide à la haute pression, on le vaporise par échange de chaleur avec de l'air et on réchauffe le liquide vaporisé sous cette haute pression dans la ligne d'échange thermique de l'installation, on détend au moins une partie de l'air surpressé dans une turbine de détente de la pression élevée à une deuxième pression, l'air détendu étant ensuite envoyé à une colonne du système de colonnes, en fonctionnement normal, l'air surpressé étant refroidi jusqu'à la température d'entrée de la turbine dans la ligne d'échange en amont de la turbine de détente, caractérisé

en ce que pendant le début de la mise en fonctionnement de l'appareil de séparation d'air et/ou afin de réguler la température d'entrée de la turbine, au moins une partie de l'air surpressé à la pression élevée est envoyée en amont de la turbine de détente sans passer par la ligne d'échange.

5           Le mot « oxygène » couvre les fluides contenant au moins 60 % mol. d'oxygène, de préférence au moins 80 % mol. d'oxygène, le mot « argon » couvre les fluides contenant au moins 90 % mol. d'argon, de préférence au moins 95 % mol. d'argon, et le mot « azote » couvre les fluides contenant au moins 80 % mol. d'azote, de préférence au moins 90 % mol. d'azote.

10           Suivant d'autres caractéristiques facultatives :

- à une température intermédiaire de la ligne d'échange, on sort de la ligne d'échange thermique au moins une partie de l'air en cours de refroidissement dans cette dernière ;
- on amène ledit fluide à l'état liquide à la haute pression entre 5 et 50 bars, de préférence entre 10 et 50 bars ;
- 15           - on surpresse l'air à la température intermédiaire dans une soufflante froide jusqu'à la pression élevée ;
- on réintroduit l'air surpressé dans la ligne d'échange thermique ;
- on envoie une première partie de l'air surpressé à une colonne du système de colonnes et on envoie une deuxième partie de l'air surpressé à une turbine de détente, l'air détendu étant ensuite envoyé à une colonne du système de colonnes ;
- 20           - pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation et/ou quand la température à l'entrée de la turbine tombe en dessous d'un seuil prédéterminé et/ou pendant un changement de marche, au moins une
- 25           partie de l'air sorti de la ligne d'échange et surpressée dans la soufflante froide est envoyée en amont de la turbine de détente sans passer par la ligne d'échange ;
- on sort tout l'air entrant en cours de refroidissement, on le surpresse dans
- 30           la soufflante froide et on le réintroduit dans la ligne d'échange ;

- pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation, tout l'air sorti de la ligne d'échange et surpressé dans la soufflante froide est envoyé en amont de la turbine de détente sans passer par la ligne d'échange ;
- quand la température de l'air surpressé dans la soufflante froide est réduite à une température prédéterminée ou après un temps prédéterminé, on n'envoie plus d'air surpressé en amont de la turbine de détente sans passer par la ligne d'échange ;
- la température d'entrée de la soufflante froide est inférieure à la température d'entrée de la turbine de détente ;
- au moins une partie de l'air est comprimée jusqu'à la pression élevée, l'air à la pression élevée est envoyé au bout chaud de la ligne d'échange, une partie de l'air est sortie de la ligne d'échange à une température intermédiaire et détendue dans la turbine et le reste de l'air poursuit son refroidissement dans la ligne d'échange et dans lequel, pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation et/ou si la température à l'entrée de la turbine tombe en dessous d'un seuil prédéterminé et/ou en cas de changement de marche, de l'air est envoyé directement du surpresseur à l'entrée de la turbine sans avoir été refroidi dans la ligne d'échange ;
- tout l'air est comprimé dans le compresseur et le surpresseur jusqu'à la pression élevée ;
- seule une partie de l'air est surpressée dans un surpresseur jusqu'à la pression élevée.

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un procédé de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote, dans lequel, en fonctionnement stable, on comprime de l'air dans un compresseur, on épure l'air comprimé et on l'envoie dans une ligne d'échange thermique de l'installation où il se refroidit, on sépare l'air comprimé, épuré et refroidi dans un système de colonnes de l'installation comprenant au moins une colonne de distillation, on soutire un fluide à l'état liquide d'une colonne du système de colonnes, on amène ledit fluide à l'état



liquide à la haute pression, on le vaporise par échange de chaleur avec de l'air et on réchauffe le liquide vaporisé sous cette haute pression dans la ligne d'échange thermique de l'installation :

- 5       - à une température intermédiaire de la ligne d'échange, on sort de la ligne d'échange thermique un débit d'azote comprimé en cours de refroidissement dans cette dernière ;
- on surpresse l'azote à la température intermédiaire dans une soufflante froide jusqu'à la première pression ;
- on réintroduit l'azote surpressé dans la ligne d'échange thermique ;
- 10   - on envoie une première partie de l'azote surpressé à une colonne du système de colonnes et on envoie une deuxième partie de l'azote surpressé à une turbine de détente, l'azote détendu étant ensuite envoyé à une colonne du système de colonnes ;

15       caractérisé en ce que, pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation et/ou quand la température à l'entrée de la turbine tombe en dessous d'un seuil prédéterminé et/ou pendant un changement de marche, au moins une partie de l'azote sortie de la ligne d'échange et surpressée dans la soufflante froide est envoyée en amont de la turbine de détente sans passer par la ligne d'échange.

20       Selon un autre objet de l'invention, il est prévu une installation de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote, du type comprenant un système de colonnes de distillation d'air, un surpresseur pour surpresser au moins une partie de l'air d'alimentation ou d'un gaz de cycle jusqu'à une pression élevée,

25       une ligne d'échange thermique mettant en relation d'échange thermique l'air entrant et des fluides soutirés du système de colonnes, dont ledit (lesdits) fluide(s) sous forme liquide soutiré(s) de l'appareil de distillation et comprimé par une pompe, et une turbine dont l'entrée est reliée à la sortie du surpresseur par des moyens qui traversent la ligne d'échange thermique et caractérisée en

30       ce que l'entrée de la turbine est également reliée à la sortie du surpresseur par des moyens qui ne traversent pas la ligne d'échange thermique.

Selon d'autres aspects facultatifs, l'installation comprend :

- une soufflante froide, des moyens pour alimenter cette soufflante froide avec de l'air ou un gaz de cycle en cours de refroidissement prélevé à un niveau de température intermédiaire dans la ligne d'échange thermique, des moyens pour réintroduire l'air surpressé ou le gaz de cycle surpressé dans des passages de la ligne d'échange thermique reliés à la turbine l'entrée de la turbine étant également reliée à la sortie de la soufflante froide par des moyens qui ne traversent pas la ligne d'échange thermique ;
- des moyens pour envoyer tout l'air destiné à être distillé à la soufflante froide ;
- des moyens de détection de la température de l'air ou du gaz de cycle entrant dans la turbine ou sortant de la soufflante froide en amont de la ligne d'échange thermique ;
- des moyens pour ouvrir et fermer les conduites reliant l'entrée de la turbine avec la sortie de la soufflante froide en passant par les passages de la ligne d'échange et sans passer par les passages de la ligne d'échange ;
- l'entrée de la turbine est reliée à la sortie de la soufflante froide par des moyens qui ne traversent pas la ligne d'échange thermique et qui ne comprennent pas de moyen de refroidissement ;
- des moyens pour comprimer tout ou une partie de l'air destiné à la distillation à la pression élevée en amont de la ligne d'échange (6), des moyens pour envoyer l'air à la pression élevée depuis le surpresseur jusqu'au bout chaud de la ligne d'échange.

Dans le cas où l'on utiliserait un surpresseur chaud, de préférence l'entrée de la turbine et la sortie du surpresseur sont reliées à travers des moyens de refroidissement.

L'air envoyé au surpresseur peut être constitué par au moins une partie de l'air entrant en cours de refroidissement.

Optionnellement :

- ledit gaz de cycle est constitué par de l'azote réintroduit dans la ligne d'échange thermique, qui est sorti de cette dernière à une température intermédiaire inférieure à la température d'entrée de la turbine ;
- on produit en outre de l'oxygène, de l'argon ou de l'azote sous une pression intermédiaire par pompage et vaporisation-réchauffement dans la ligne d'échange thermique, la pression intermédiaire permettant d'assurer la vaporisation par condensation d'un gaz circulant dans cette ligne d'échange thermique.

10 Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un procédé de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote, dans lequel, en fonctionnement stable, on comprime de l'air dans un compresseur, on épure l'air comprimé et on l'envoie dans une ligne d'échange thermique de l'installation où il se refroidit, on sépare l'air comprimé, épuré et refroidi dans un système de colonnes de l'installation

15 comprenant au moins une colonne de distillation, on soutire un fluide à l'état liquide d'une colonne du système de colonnes, on amène ledit fluide à l'état liquide à la haute pression, on le vaporise par échange de chaleur avec de l'air et on réchauffe le liquide vaporisé sous cette haute pression dans la ligne d'échange thermique de l'installation :

- 20 - à une température intermédiaire, on sort de la ligne d'échange thermique au moins une partie de l'air en cours de refroidissement dans cette dernière ;
- on surpresse l'air à la température intermédiaire dans un surpresseur froide ;
- 25 - on réintroduit l'air surpressé dans la ligne d'échange thermique ;
- on envoie une première partie de l'air surpressé à une colonne du système de colonnes et on envoie une deuxième partie de l'air surpressé à une turbine de détente, l'air détendu étant ensuite envoyé à une colonne du système de colonnes ;
- 30 caractérisé en ce que tout l'air destiné à la distillation est surpressé dans la surpresseur froid.



De préférence, la température d'entrée de la turbine est plus chaude que la température d'entrée du surpresseur froide.

Des exemples de mise en œuvre de l'invention vont maintenant être décrits en regard des dessins annexés, sur lesquels les Figures 1, 2 et 3  
5 représentent schématiquement des installations de production d'oxygène gazeux sous pression conformes à l'invention.

L'installation de distillation d'air représentée à la Figure 1 comprend essentiellement un compresseur d'air 1, un appareil d'épuration d'air 2, un ensemble turbine-surpresseur 3, comprenant une turbine de détente 4 et un  
10 surpresseur 5 dont les arbres sont couplés, un échangeur de chaleur 6 constituant la ligne d'échange thermique de l'installation et dont la partie froide sert le rôle de sousrefroidisseur ; une double colonne de distillation 7 comprenant une colonne moyenne pression 8 et une colonne basse pression 9, avec un vaporiseur-condenseur 10 mettant en relation d'échange de chaleur le  
15 gaz de tête de la colonne moyenne pression et le liquide de cuve de la colonne basse pression ; un réservoir d'oxygène liquide 11 dont le fond est relié à une pompe 12 ; et un réservoir d'azote liquide 13 dont le fond est relié à une pompe 14.

Cette installation est destinée à fournir, via une conduite 15, de  
20 l'oxygène gazeux sous une haute pression, qui peut être entre 5 et 50 bars abs, de préférence entre 10 et 50 bars abs.

Pour cela, de l'oxygène liquide soutiré de la cuve de la colonne 9, via une conduite 16, et stocké dans le réservoir 11, est amené à la haute pression par la pompe 12 à l'état liquide, puis vaporisé et réchauffé sous cette haute  
25 pression dans des passages 17 de l'échangeur 6.

La totalité de l'air à distiller est comprimé par le compresseur 1 à une pression supérieure à la pression de la colonne moyenne pression 8 mais inférieure à la pression élevée. Puis l'air prérefroidi en 18 et refroidi au voisinage de la température ambiante en 19 est épuré dans l'une des bouteilles  
30 d'adsorption et surpressé en totalité à la pression élevée par le surpresseur 5, lequel est entraîné par la turbine 4.

Tout l'air surpressé est refroidi par un refroidisseur à eau 47 et en fonctionnement normal envoyé à travers la vanne V2, qui est ouverte, au bout chaud de l'échangeur 6, la vanne V1 restant fermée. L'air se refroidit dans l'échangeur 6 et une partie de l'air à une température intermédiaire est détendue dans la turbine 4 avant d'être envoyée à la colonne moyenne pression 8. Le reste de l'air se refroidit dans l'échangeur 6 jusqu'au bout froid et est envoyé à la colonne basse pression et/ou à la colonne moyenne pression.

Si la température d'entrée ou de sortie de la turbine 4 devient trop basse suite au démarrage ou à un changement de marche, l'ouverture de la vanne V1 est déclenchée, et au moins une partie de l'air surpressé et refroidi passe directement à l'entrée de la turbine 4 sans passer par l'échangeur 6. Ceci évite d'endommager la turbine.

Une fois la température de la turbine rétablie, la vanne V1 se ferme de nouveau et tout l'air passe au bout chaud de l'échangeur.

L'installation représentée à la Figure 2 est destinée à produire de l'oxygène gazeux sous une pression élevée, par exemple entre 10 et 50 bars, particulièrement de l'ordre de 40 bars. Elle comprend essentiellement une double colonne de distillation 7 constituée d'une colonne moyenne pression 8, fonctionnant sous environ 6 bars, et d'une colonne basse pression 9, fonctionnant sous une pression légèrement supérieure à 1 bar, une ligne d'échange thermique 6, auquel est intégré un sous-refroidisseur au bout froid, une pompe à oxygène liquide 12, une soufflante froide 5A et une turbine 4 dont la roue est montée sur le même arbre que celle de la soufflante froide et d'un frein d'huile 49.

On reconnaît sur le dessin les conduites classiques de la double colonne, à savoir : une conduite 23 de « liquide riche » (air enrichi en oxygène) recueilli en cuve de la colonne 8 qui remonte en un point intermédiaire de la colonne 9, après sous-refroidissement en 6 et détente à la basse pression dans une vanne de détente ; une conduite 24 de « liquide pauvre » (azote à peu près pur) soutiré en tête de la colonne 8 qui remonte en tête de la colonne 9, après sous-refroidissement en 6 et détente à la basse pression dans une vanne de détente, et une conduite 26 de production d'azote impur, constituant le gaz

résiduaire de l'installation, cette conduite traversant le sous-refroidisseur en 6 puis se raccordant à des passages 28 de réchauffement d'azote de la ligne d'échange 6. L'azote impur ainsi réchauffé jusqu'à la température ambiante est évacué de l'installation via une conduite 29.

5            La pompe 12 aspire l'oxygène liquide sous environ 2 bars provenant de la cuve de la colonne 9, le porte à une pression supérieure à la pression de production désirée, par exemple 40 bars, et l'introduit dans des passages 17 de vaporisation-réchauffement d'oxygène de la ligne d'échange.

10           L'air à distiller, comprimé, refroidi et épuré de manière classique, arrive à environ 16,5 bars via une conduite et pénètre dans des passages 30 de refroidissement d'air de la ligne d'échange 6.

15           En fonctionnement stable, à une température intermédiaire  $T_1$ , inférieure à la température ambiante et proche de la température  $T_V$  de vaporisation de l'oxygène (ou de pseudo-vaporisation si la pression de production de l'oxygène est super-critique), une partie de cet air est sortie de la ligne d'échange via une conduite 37 et amenée à l'aspiration de la soufflante froide 5A. Celle-ci porte cet air à 26 bars et, via une conduite 39, l'air ainsi surpressé est renvoyé dans la ligne d'échange 6, à une température  $T_2$  supérieure à  $T_1$ , et poursuit son refroidissement dans des passages d'air surpressé de cette dernière. Une

20           partie de l'air véhiculé par les passages est de nouveau sortie de la ligne d'échange à une deuxième température intermédiaire  $T_3$  supérieure à  $T_1$  via la conduite 41, et détendue à la moyenne pression (6 bars) dans la turbine 4. L'air qui s'échappe de cette turbine sous forme diphasique peut être envoyé dans un séparateur de phase ou est directement envoyé en cuve de colonne 8.

25           L'air véhiculé par la conduite 43 et non dévié par la conduite 41 poursuit son refroidissement dans de la ligne d'échange et en sort en amont du sousrefroidisseur. Il est ensuite détendu à la moyenne pression dans une vanne de détente 27 et envoyé aux colonnes de distillation, en particulier en cuve de la colonne 8. La soufflante 5A qui assure la surpression est entraînée

30           par la turbine 4, de sorte qu'aucune énergie extérieure n'est nécessaire. La quantité de froid produite par cette turbine peut être légèrement supérieure à la chaleur de compression, et l'excédent contribue au maintien en froid de

l'installation. Un solde ou la totalité des frigories peut être fourni par détente d'air ou d'azote à la moyenne pression dans une autre turbine (non-illustrée).

En variante encore, la ou chaque soufflante froide peut comprimer un autre gaz que l'air circulant dans la ligne d'échange thermique, notamment de l'azote de cycle préalablement réchauffé jusqu'à la température ambiante, comprimé et en cours de refroidissement.

Ici l'installation produit de l'oxygène liquide dans le stockage 11.

L'installation comprend une vanne V1 sur une conduite 45 reliant la sortie de la soufflante 5A et la conduite 41 amenant l'air vers l'entrée de la turbine 4 et une vanne V2 sur la conduite 39 reliant la sortie de la soufflante 5A et l'entrée de l'échangeur de la conduite 39.

En début de mise en fonctionnement de l'installation, l'air à distiller arrive à environ 16,5 bars et pénètre dans des passages 30 de refroidissement d'air de la ligne d'échange.

L'air (ou éventuellement une partie de l'air) est sorti de la ligne d'échange via une conduite 37 à une température qui peut atteindre 90°C et amenée à l'aspiration de la soufflante froide 5A. Celle-ci surpresse cet air entre 20 et 26 bars et une température pouvant aller jusqu'à 120°C, la vanne V1 étant ouverte et la vanne V2 fermée, l'air comprimé est envoyé par les conduites 45, 41 directement à l'entrée de la turbine 4 sans se refroidir dans la ligne d'échange 6. L'air détendu est ensuite envoyé en cuve de la colonne moyenne pression 8. Alternativement ou additionnellement, en début de fonctionnement des moyens de mesure de température détectent si la température d'entrée de la turbine 4 et/ou de la sortie de la soufflante de l'air provenant de la soufflante 5A passe en dessous d'un seuil prédéterminé et si la température est suffisamment basse, la vanne V2 s'ouvre et la vanne V1 se ferme de sorte que l'air surpressé en 5A est envoyé à la conduite 39, ensuite à la ligne d'échange 6, avant d'être divisé en deux et envoyé en partie à la turbine 4 et en partie à la cuve de la colonne moyenne pression 8 Cette disposition des vannes correspond au fonctionnement stable.

Alternativement, la fermeture de la vanne V1 et l'ouverture de la vanne V2 peuvent être déclenchées un certain temps après la mise en fonctionnement du compresseur principal.

5 Les vannes V1, V2 peuvent également avoir le même fonctionnement que dans la Figure 1, c'est-à-dire que si la température d'entrée de la turbine et/ou de sortie de la soufflante devient trop basse, un envoi d'air chaud vers la turbine peut être initié en ouvrant la vanne V1 pour que l'air passe directement de la soufflante vers la turbine à travers la conduite 45.

10 La régulation du niveau de cuve (LIC) de la colonne moyenne pression 8 ou la colonne basse pression 9 peut être faite en agissant sur la vitesse de la turbine 4 via un SIC (indicateur et régulateur de vitesse). La vitesse de rotation peut également être fixée pour que l'installation fonctionne en excédent de puissance frigorifique. L'excédent de froid est éliminé par n'importe quelle ligne liquide (azote, oxygène ou argon) de la boîte froide, par exemple en ouvrant la  
15 vanne V3. La ligne liquide doit avoir une vanne automatique dont l'ouverture et la fermeture sont liées à des seuils de niveau de cuve de la colonne basse pression 9.

De la manière décrite en US-A-5475980, la turbine Claude 4, et éventuellement la soufflante froide 5A, peu(ven)t être couplée(s) à un dispositif  
20 d'adsorption d'énergie autre qu'un frein d'huile 49, tel qu'un alternateur ou un générateur.

Les exemples des Figures 1 et 2 décrivent la vaporisation d'oxygène dans la ligne d'échange mais l'invention s'applique également au cas dans lesquels de l'azote liquide ou de l'argon liquide se vaporisent dans la ligne  
25 d'échange à la place de ou avec l'oxygène liquide.

L'invention s'applique également au cas dans lequel seule une partie de l'air est surpressé comme on le voit dans les Figures 6, 8, 10 et 11 de EP504029 et dans EP-A-0644388 et FR-A-2688052.

30 Dans la Figure 3, un cycle d'azote moyenne pression fournit les frigories requises pour la séparation.

Les remontées de liquide 23, 24 et les productions 15, 29 de la colonne basse pression 9 sont identiques à celles précédemment décrites.



De l'air comprimé à la moyenne pression est épuré et ensuite se refroidit dans la ligne d'échange 6 avant d'être envoyé à la colonne moyenne pression 8.

5 De l'azote moyenne pression est soutiré en tête de la colonne moyenne pression 8, réchauffé dans la ligne d'échange 6 jusqu'au bout chaud et ensuite comprimé dans un compresseur 54. Tout ou une partie de l'azote comprimé est refroidi par un refroidisseur 47 et rentre dans la ligne d'échange.

10 L'azote renvoyé à la ligne d'échange sort de celle-ci à une température intermédiaire pour être surpressé dans un surpresseur 5B couplé au même arbre qu'une turbine 5B.

En fonctionnement normal, une vanne V2 est ouverte sur une conduite 39 qui ramène l'azote surpressé dans la ligne d'échange pour y être refroidi et la vanne V1 sur une conduite 45 est fermée.

15 Au moment du démarrage et/ou pendant des changements de marche et/ou afin de réguler la température d'entrée de la turbine, la vanne V1 s'ouvre et la vanne V2 se ferme de sorte que l'azote comprimé dans le surpresseur 5B arrive à l'entrée de la turbine 4B sans avoir été refroidi dans la ligne d'échange. Il est également possible de régler les vannes de sorte qu'une partie de l'azote surpressé arrive à l'entrée de la turbine après refroidissement dans la ligne  
20 d'échange alors que le reste de l'azote surpressé arrive à l'entrée de la turbine 4B sans refroidissement.

Le système de colonnes peut comprendre une simple colonne, une double colonne ou une triple colonne avec ou sans une colonne de mixture d'argon, une colonne de mélange ou tout autre type de colonne de séparation  
25 d'un gaz de l'air.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote dans un  
5 appareil de séparation d'air, dans lequel on comprime tout l'air destiné à la distillation dans un compresseur (1), on épure l'air comprimé, on surpresse au moins une première partie de l'air jusqu'à une pression élevée, on envoie l'air comprimé et épuré dans une ligne d'échange thermique (6) de l'appareil où il se refroidit, on sépare l'air comprimé, épuré et refroidi dans un système de  
10 colonnes (8, 9) de l'appareil comprenant au moins une colonne de distillation, on soutire un fluide (16) à l'état liquide d'une colonne du système de colonnes, on amène ledit fluide à l'état liquide à la haute pression, on le vaporise par échange de chaleur avec de l'air et on réchauffe le liquide vaporisé sous cette haute pression dans la ligne d'échange thermique de l'installation, on détend  
15 au moins une partie de l'air surpressé dans une turbine de détente (4, 4B) depuis la pression élevée à une deuxième pression, l'air détendu (22) étant ensuite envoyé à une colonne du système de colonnes, en fonctionnement normal l'air surpressé étant refroidi jusqu'à la température d'entrée de la turbine dans la ligne d'échange en amont de la turbine de détente,  
20 caractérisé en ce que, pendant le début de la mise en fonctionnement de l'appareil de séparation d'air et/ou afin de réguler la température d'entrée de la turbine et/ou pendant un changement de marche, au moins une partie de l'air surpressé à la pression élevée est envoyée en amont de la turbine de détente sans passer par la ligne d'échange.
- 25 2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel :
- à une température intermédiaire de la ligne d'échange (6), on sort de la ligne d'échange thermique au moins une partie de l'air en cours de refroidissement dans cette dernière ;
  - on surpresse l'air à la température intermédiaire dans une soufflante froide  
30 (5A) jusqu'à la pression élevée ;
  - on réintroduit l'air surpressé dans la ligne d'échange thermique ;

- on envoie une première partie (43) de l'air surpressé à une colonne (8, 9) du système de colonnes et on envoie une deuxième partie (41) de l'air surpressé à la turbine de détente (4), l'air détendu étant ensuite envoyé à une colonne du système de colonnes ;
- 5 - pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation et/ou pendant un changement de marche et/ou quand la température à l'entrée de la turbine tombe en dessous d'un seuil prédéterminé, au moins une partie de l'air sorti de la ligne d'échange et surpressé dans la soufflante froide est envoyée en amont de la turbine de détente sans passer par la  
10 ligne d'échange.
- 3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que l'on sort tout l'air entrant en cours de refroidissement, on le surpresse dans la soufflante froide (5A) et on le réintroduit dans la ligne d'échange (6).
- 4. Procédé suivant la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que  
15 pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation, tout l'air sorti de la ligne d'échange (6) et surpressé dans la soufflante froide (5A) est envoyé en amont de la turbine de détente (4) sans passer par la ligne d'échange.
- 5. Procédé suivant la revendication 2, 3 ou 4, dans lequel quand la température de l'air surpressé dans la soufflante froide (5A) est réduite à une  
20 température prédéterminée ou après un temps prédéterminé, on n'envoie plus d'air surpressé en amont de la turbine de détente (4) sans passer par la ligne d'échange.
- 6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5 dans lequel la température d'entrée de la soufflante froide (5A) est inférieure à la température  
25 d'entrée de la turbine de détente (4).
- 7. Procédé selon la revendication 1 dans lequel au moins une partie de l'air est comprimée jusqu'à la pression élevée, l'air à la pression élevée est envoyé au bout chaud de la ligne d'échange (6), une partie de l'air est sorti de la ligne d'échange à une température intermédiaire et détendue dans la turbine  
30 (4) et le reste de l'air poursuit son refroidissement dans la ligne d'échange (6) et dans lequel pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation et/ou si la température à l'entrée de la turbine tombe en dessous d'un seuil

prédéterminé, au moins une partie de l'air surpressé est envoyé directement d'un surpresseur (5) qui sert à surpresser au moins une partie de l'air jusqu'à la pression élevée jusqu'à l'entrée de la turbine (4) sans avoir été refroidi dans la ligne d'échange.

5            8.        Procédé selon la revendication 7 dans lequel tout l'air est comprimé dans le compresseur (1) et le surpresseur (5) jusqu'à la pression élevée ou seule une partie de l'air est surpressée dans un surpresseur (5) jusqu'à la pression élevée.

10           9.        Procédé de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote, dans lequel, en fonctionnement stable, on comprime de l'air dans un compresseur (1), on épure l'air comprimé et on l'envoie dans une ligne d'échange thermique (6) de l'installation où il se refroidit, on sépare l'air comprimé, épuré et refroidi dans un système de colonnes (8, 9) de l'installation comprenant au moins une  
15        colonne de distillation, on soutire un fluide (16) à l'état liquide d'une colonne du système de colonnes, on amène ledit fluide à l'état liquide à la haute pression, on le vaporise par échange de chaleur avec de l'air et on réchauffe le liquide vaporisé sous cette haute pression dans la ligne d'échange thermique (6) de l'installation :

- 20        -    à une température intermédiaire de la ligne d'échange, on sort de la ligne d'échange thermique un débit d'azote comprimé en cours de refroidissement dans cette dernière ;
- on surpresse l'azote à la température intermédiaire dans une soufflante froide (5B) jusqu'à la première pression ;
- 25        -    on réintroduit l'azote surpressé dans la ligne d'échange thermique ;
- on envoie tout ou une partie de l'azote surpressé à une turbine de détente (4B), l'azote détendu étant ensuite envoyé à une colonne du système de colonnes,

30        caractérisé en ce que, pendant le début de la mise en fonctionnement de l'installation et/ou quand la température à l'entrée de la turbine tombe en dessous d'un seuil prédéterminé et/ou pendant un changement de marche, au

moins une partie de l'azote sortie de la ligne d'échange et surpressée dans la soufflante froide (5B) est envoyée en amont de la turbine de détente (4B) sans passer par la ligne d'échange.

5 10. Installation de production sous forme gazeuse et sous haute pression d'au moins un fluide choisi parmi l'oxygène, l'argon et l'azote, du type comprenant un système de colonnes de distillation d'air (8, 9), un surpresseur (5, 5A, 5B) pour surpresser au moins une partie de l'air d'alimentation ou d'un gaz de cycle jusqu'à une pression élevée, une ligne d'échange thermique (6) mettant en relation d'échange thermique l'air entrant et des fluides soutirés du système de colonnes, dont ledit (lesdits) fluide(s) sous forme liquide soutiré(s) de l'appareil de distillation et comprimé par une pompe, et une turbine (4, 4B) dont l'entrée est reliée à la sortie du surpresseur par des moyens qui traversent la ligne d'échange thermique et caractérisée en ce que l'entrée de la turbine est également reliée à la sortie du surpresseur (5, 5A, 5B) par des moyens (45) 15 qui ne traversent pas la ligne d'échange thermique.

11. Installation selon la revendication 10 comprenant une soufflante froide (5A, 5B), des moyens pour alimenter cette soufflante froide avec de l'air ou un gaz de cycle en cours de refroidissement prélevé à un niveau de température intermédiaire dans la ligne d'échange thermique (6), des moyens 20 pour réintroduire l'air surpressé ou le gaz de cycle surpressé dans des passages de la ligne d'échange thermique reliés à la turbine (4, 4B), l'entrée de la turbine étant également reliée à la sortie de la soufflante froide par des moyens (45) qui ne traversent pas la ligne d'échange thermique.

12. Installation suivant la revendication 11, caractérisée en ce qu'elle 25 comprend des moyens (37) pour envoyer tout l'air destiné à être distillé à la soufflante froide.

13. Installation suivant la revendication 11 ou 12 caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de détection de la température de l'air ou du gaz de cycle sortant de la soufflante froide en amont de la ligne d'échange thermique. 30

14. Installation suivant la revendication 11, 12 ou 13 comprenant des moyens (V1, V2) pour ouvrir et fermer les conduites reliant l'entrée de la turbine



(4, 4B) avec la sortie de la soufflante froide (5A, 5B) en passant par les passages de la ligne d'échange et sans passer par les passages de la ligne d'échange.

5 15. Installation selon l'une des revendications 11 à 14 caractérisée en ce l'entrée de la turbine étant reliée à la sortie de la soufflante froide par des moyens (45) qui ne traversent pas la ligne d'échange thermique et qui ne comprennent pas de moyen de refroidissement.

10 16. Installation selon la revendication 10 comprenant des moyens (1, 5) pour comprimer tout ou une partie de l'air destiné à la distillation à la pression élevée en amont de la ligne d'échange (6) et des moyens pour envoyer l'air à la pression élevée depuis le surpresseur (5) jusqu'au bout chaud de la ligne d'échange.

15 17. Installation selon la revendication 16 dans laquelle l'entrée de la turbine et la sortie du surpresseur sont reliées à travers des moyens de refroidissement (47).

1/3

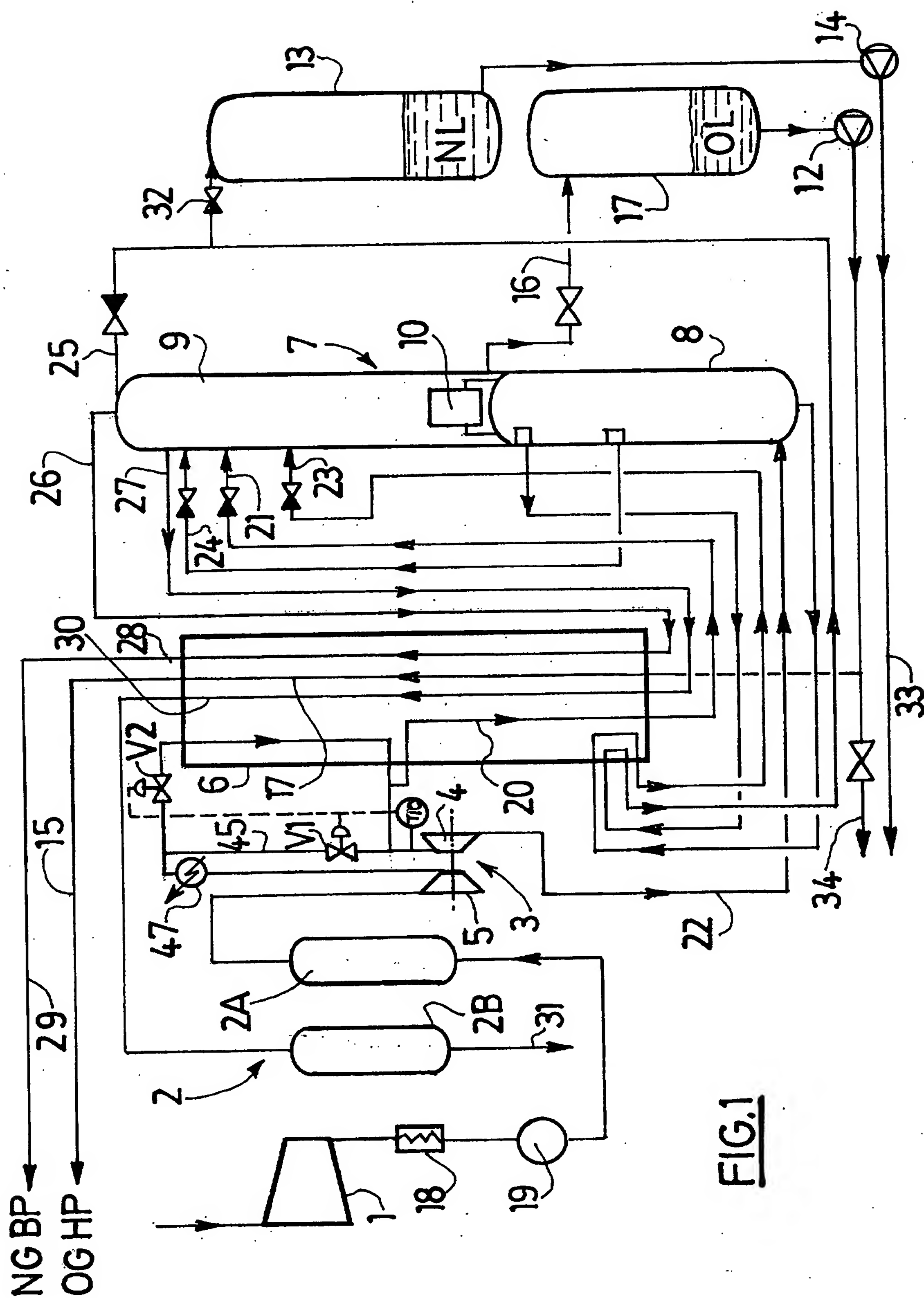


FIG. 1

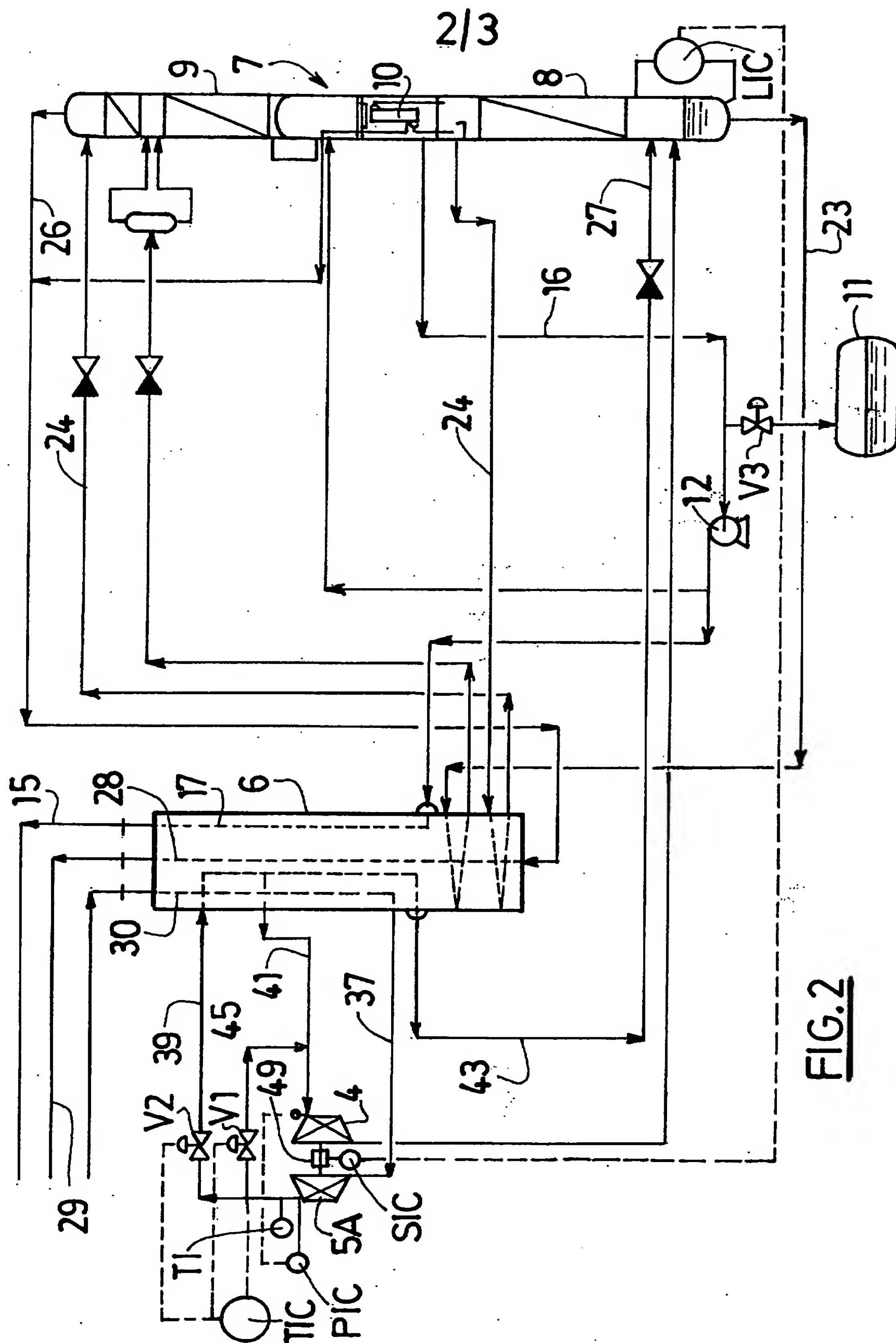
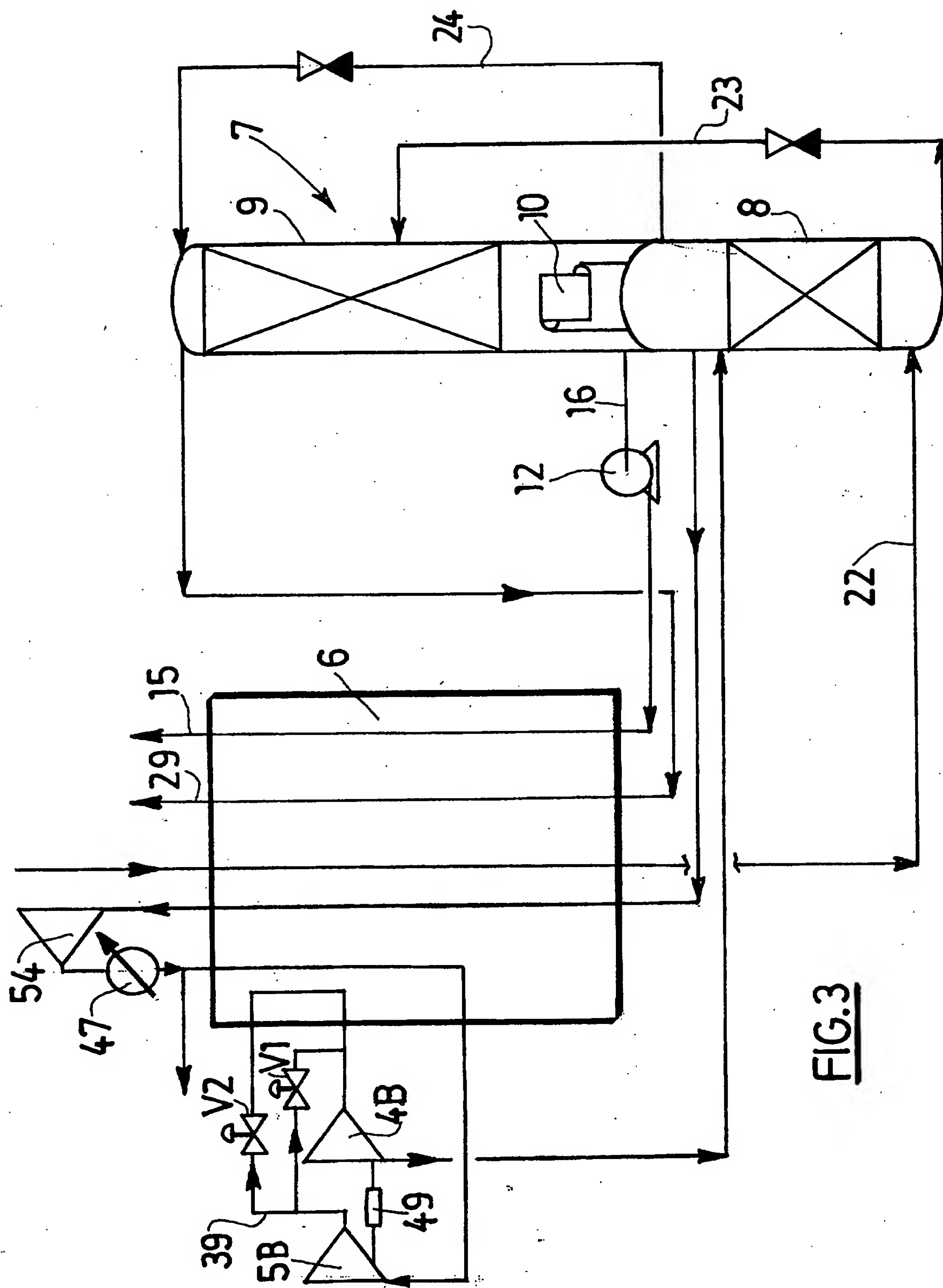


FIG. 2



**FIG. 3**



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 629768  
FR 0301722

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 0 577 349 A (BOC GROUP PLC) 5 janvier 1994 (1994-01-05) * page 7, ligne 21 - ligne 26; figure 1 * ---	1,7,8, 10,16,17	F25J3/04 C01B13/02 C01B21/02 C01B23/00
D,Y	FR 2 688 052 A (GRENIER MAURICE) 3 septembre 1993 (1993-09-03) * figures * ---	1-6,10, 11,14,15	
Y	US 5 337 571 A (DUCROCQ MARC ET AL) 16 août 1994 (1994-08-16) * figure * ---	9	
Y	GB 1 500 610 A (NUOVO PIGNONE SPA) 8 février 1978 (1978-02-08) * figure 3 * ---	1-6,10, 11,14,15	
Y	* figure 1 * ---	9	
A	US 4 746 343 A (YAMAZAKI MASAHIRO ET AL) 24 mai 1988 (1988-05-24) * colonne 4, ligne 53 - ligne 68; figure 2 * ---	1,7,8, 10,16,17	
A	US 3 912 476 A (MIKAWA HIROJI ET AL) 14 octobre 1975 (1975-10-14) * colonne 5, ligne 26 - ligne 31 * ---	1,10,14	F25J
A	US 6 336 345 B1 (CORDUAN HORST) 8 janvier 2002 (2002-01-08) * figure 3 * ---	6	
A	US 3 563 046 A (BAUSCH EDWARD HAROLD VAN) 16 février 1971 (1971-02-16) * colonne 4, ligne 2 - ligne 9; figure 2 * --- -/--	9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 novembre 2003		Göritz, D	
<b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b>			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 629768  
FR 0301722

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 003, no. 046 (C-043), 18 avril 1979 (1979-04-18) -& JP 54 020986 A (KOBE STEEL LTD), 16 février 1979 (1979-02-16) * abrégé; figures * -----	9	<div>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)</div>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 novembre 2003		Göritz, D	
<div>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</div> <div><div>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</div><div>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</div></div>			

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0301722 FA 629768**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 06-11-2003  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0577349	A	05-01-1994	US	5331818 A	26-07-1994
			AT	169393 T	15-08-1998
			AU	4158493 A	06-01-1994
			CA	2099321 A1	30-12-1993
			DE	69320116 D1	10-09-1998
			DE	69320116 T2	24-12-1998
			EP	0577349 A1	05-01-1994
			JP	6094361 A	05-04-1994
			ZA	9304520 A	27-01-1994
FR 2688052	A	03-09-1993	FR	2688052 A1	03-09-1993
US 5337571	A	16-08-1994	FR	2681415 A1	19-03-1993
			CN	1071001 A , B	14-04-1993
GB 1500610	A	08-02-1978	IT	1019710 B	30-11-1977
			AR	216741 A1	31-01-1980
			CA	1018055 A1	27-09-1977
			DE	2526350 A1	29-01-1976
			ES	439401 A1	01-02-1977
			FR	2278047 A1	06-02-1976
			IN	143876 A1	18-02-1978
			JP	51048793 A	27-04-1976
			ZA	7504104 A	30-06-1976
US 4746343	A	24-05-1988	JP	2008235 B	22-02-1990
			JP	62102074 A	12-05-1987
US 3912476	A	14-10-1975	AUCUN		
US 6336345	B1	08-01-2002	EP	1067345 A1	10-01-2001
US 3563046	A	16-02-1971	FR	1590722 A	20-04-1970
			GB	1245621 A	08-09-1971
JP 54020986	A	16-02-1979	JP	1148662 C	26-05-1983
			JP	57036511 B	04-08-1982

EPO FORM P0465

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**